



Ministério de  
Minas e Energia



Política Nacional de Biocombustíveis  
Lei nº 13.576/17

# Modelo de análise de metas de redução de emissões

Fotos: UNICA, ABIOVE e GRANBIO.

# Abrangência do RenovaBio

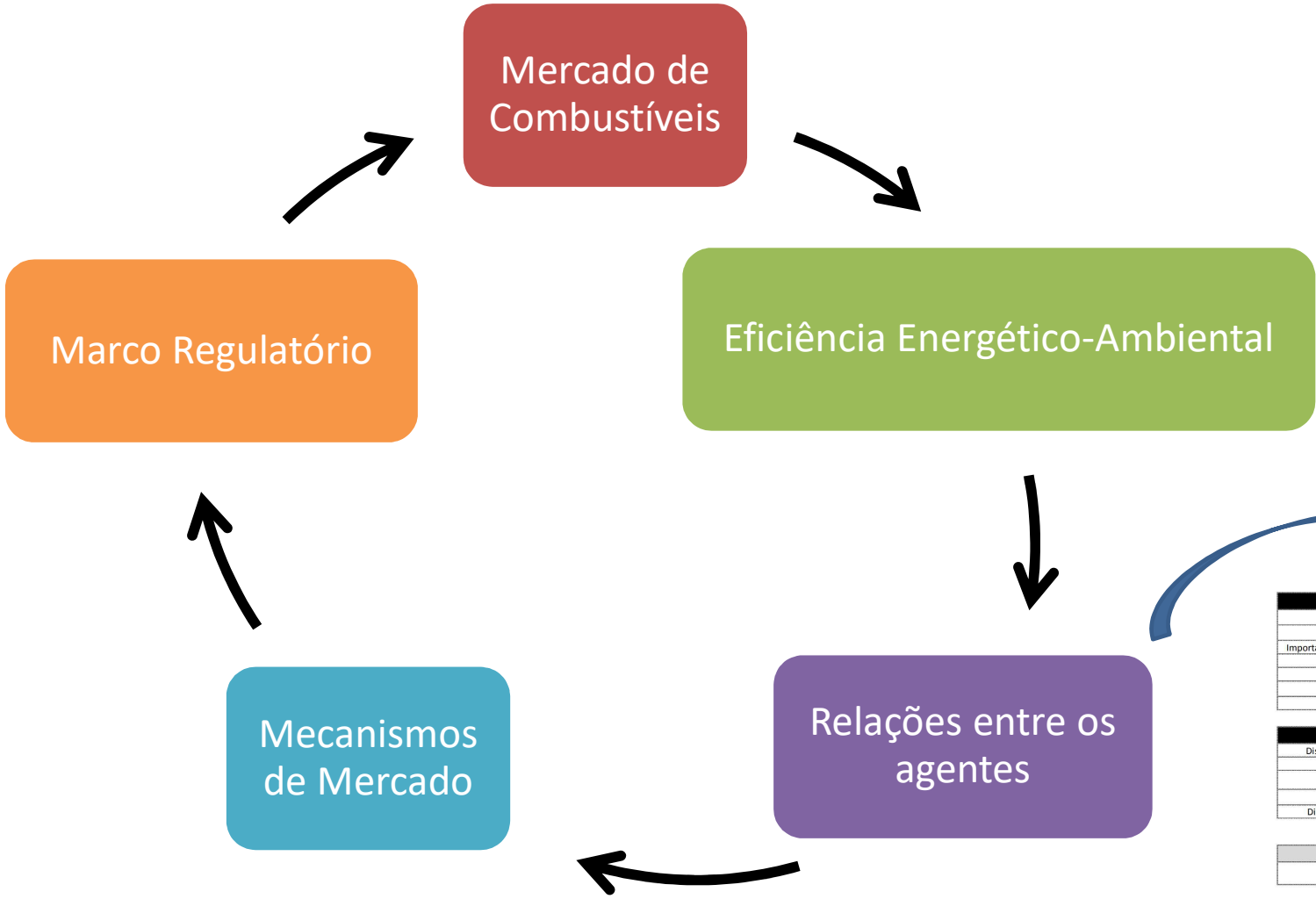
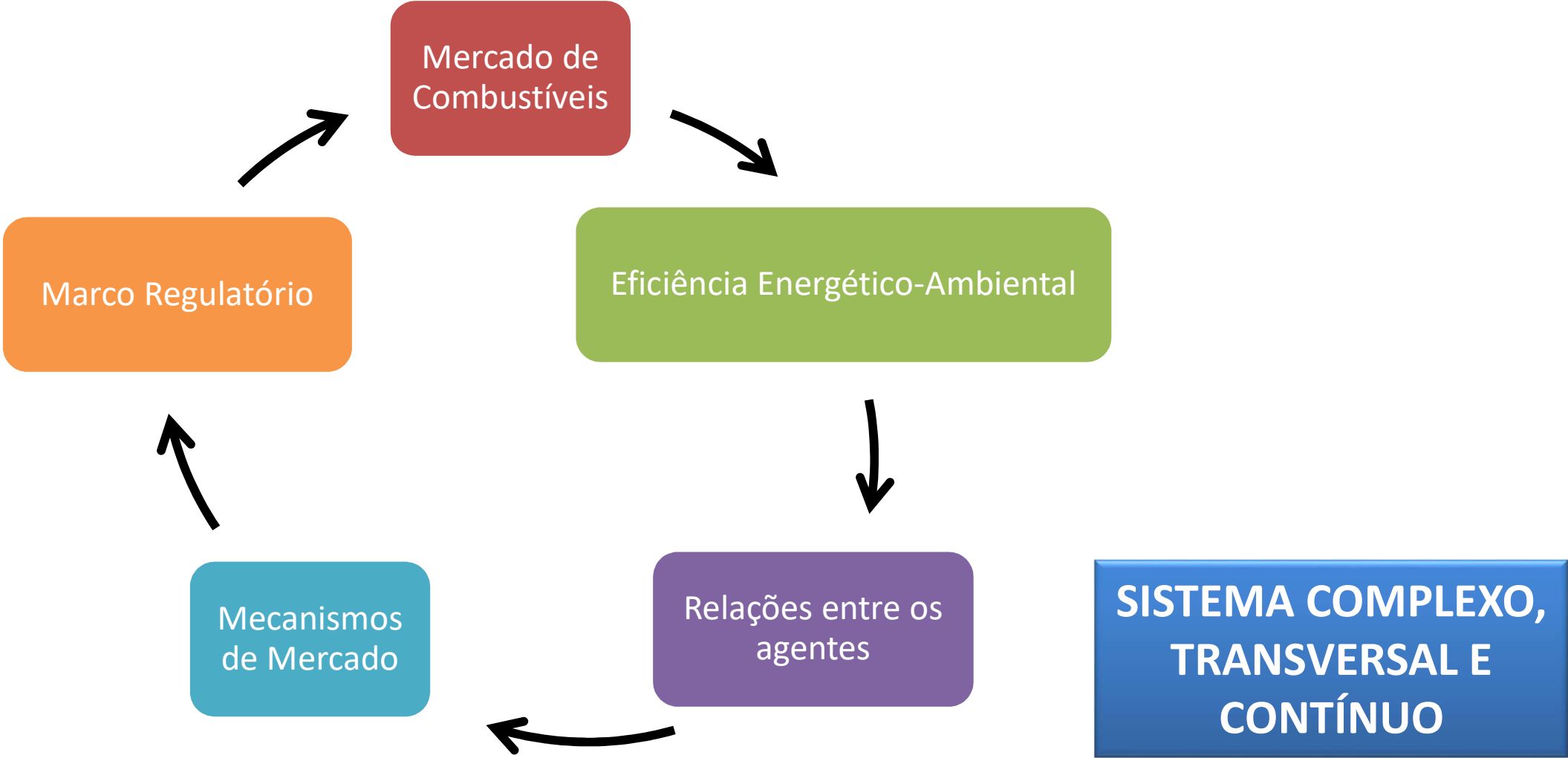


Tabela 1. Variação líquida do quantitativo de agentes entre 2015 e 2016.

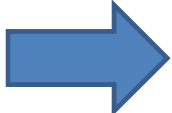
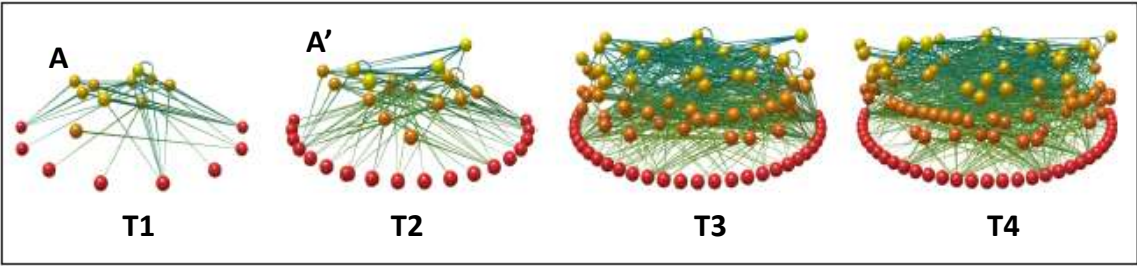
Fornecedores		+39	Revendedores		+ 4654
Refinarias de Petróleo	=		TRR - Transportador-Revendedor-Retalhista	-21	
Usinas de Etanol	=		Revendedores Varejistas Combustíveis Líquidos	+795	
Importadores/Exportadores Petróleo e Derivados	+41		Revendedores de GLP	+3858	
Produtores Lubrificantes	-4		Revendedoras de Aviação	+20	
Importadores Lubrificantes	+5		Coletoras de Lubrificantes	+1	
Re-refinadores Lubrificantes	=		TRR-Nis (Navegação Interior)	+1	
Produtores de Biodiesel	-3				
Distribuidores		-26	Consumidores		+ 2931
Distribuidoras de Combustíveis Líquidos	-23		Pontos de Abastecimento (instalações)	+2935	
Distribuidoras de Solventes	-5		Consumidores de Solventes	-4	
Distribuidoras de GLP	+1				
Distribuidoras de Asfaltos	=				
Distribuidoras de Combustíveis Aviação	+1				
			<b>Δ AGENTES 2016/2015</b>		
			<b>+ 7598</b>		
<b>Agentes 2015</b>			<b>Agentes 2016</b>		
<b>118.201</b>			<b>125.799</b>		

Fonte: ANP (2016).

# Abrangência do RenovaBio



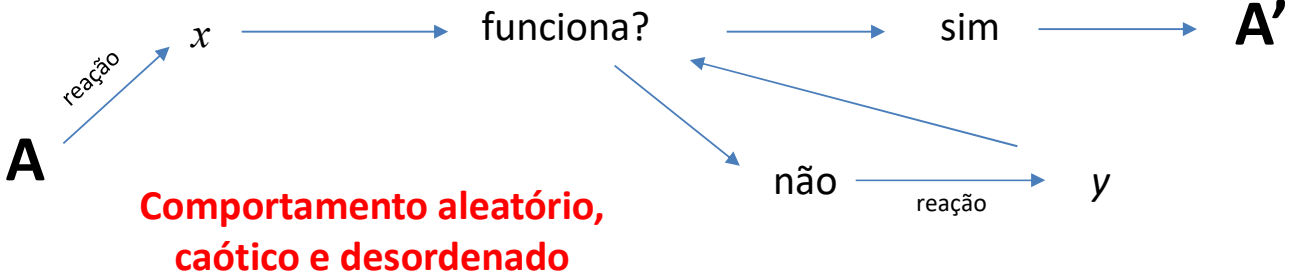
# Abrangência do RenovaBio



**INTELIGÊNCIA  
COLETIVA  
(COMPORTAMENTO)**

Agente "A" possui  
um dado **objetivo**

E sofre um  
estímulo externo



# Exemplos de Sistemas

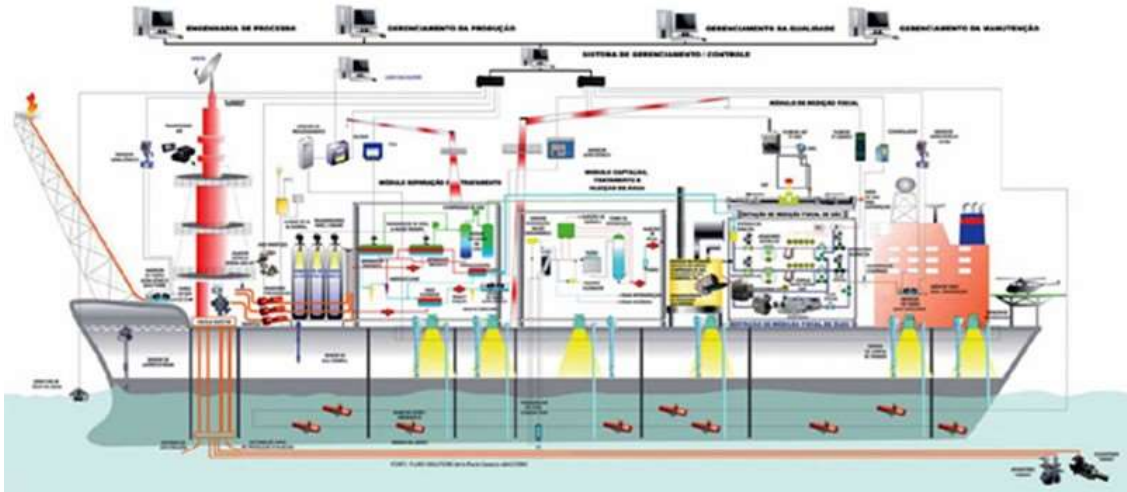


## Plataforma de Petróleo

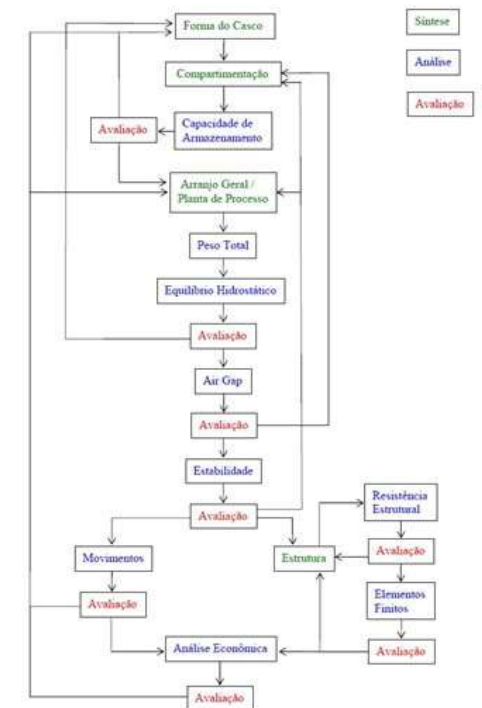
Sistema construído para uma finalidade:  
Exploração e produção de petróleo

UMA PLATAFORMA É UM SISTEMA COMPLEXO?

# Exemplos de Sistemas



O projeto de uma plataforma de petróleo é determinístico!



- As operações são encadeadas de modo a garantir a máxima produção em um ambiente de risco.
- Por isso, há redundância e padrões normativos para a sua construção.

# Exemplos de Modelos

**epe** Empresa de Pesquisa Energética  
**CALCULADORA 2050**

Usar a calculadora    Planilha de Dados

O que é a Calculadora 2050 ?

A Calculadora 2050 é uma ferramenta que permite a construção de diferentes cenários energéticos para o horizonte até 2050. Para cada cenário, apresenta seu impacto em termos de emissões de gases de efeito estufa (GEE), composição da matriz energética, dependência externa de energia, representados em gráficos e tabelas gerados automaticamente.

Através do balanço entre oferta e demanda de energia e de medidas de expansão da oferta e eficiência da demanda, a Calculadora 2050 permite identificar uma série de cenários possíveis para o futuro. Os resultados dos cenários abrem uma discussão sobre o futuro do sistema energético nacional e áreas com maior potencial de mitigação de emissões de GEE.

Todas as premissas e cálculos são provenientes do arquivo em Excel, que está disponível.

A ferramenta foi desenvolvida inicialmente pelo governo do Reino Unido, e já foi adaptada para países como China, Índia, Colômbia, México, África do Sul, Japão, Coreia do Sul, Bélgica, entre outros. A Calculadora brasileira foi desenvolvida pela EPE, com o suporte do Departamento de Energia e Mudanças Climáticas do Reino Unido (atual BEIS) e da Embaixada Britânica no Brasil. Os cenários de oferta e demanda foram elaborados pela COPPE/UFRJ conjuntamente com a EPE, e discutidos em dois Workshops realizados na EPE com especialistas.

**epe**    **UK Government**    **BEIS**    **COPPE**

Acessar outras calculadoras:

Calculadora Global    Reino Unido    Colômbia    Índia    China    Japão    Bélgica    Coreia do Sul    Taiwan    África do Sul    Nova Zelândia    Nigéria    Áustria    México    Bangladesh    Sudeste europeu    Austrália    Indonésia    Maurício    Tailândia    Vietnã    Suíça    Lista completa



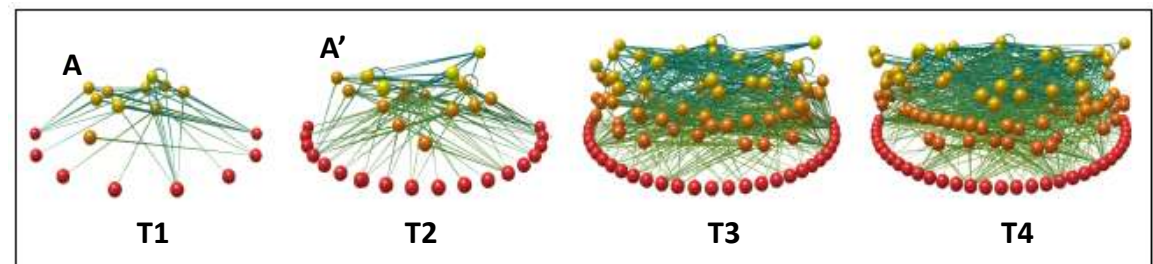
# Qual a abordagem adequada?

Ilusão do controle  
ou previsão das  
respostas dos  
agentes



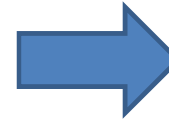
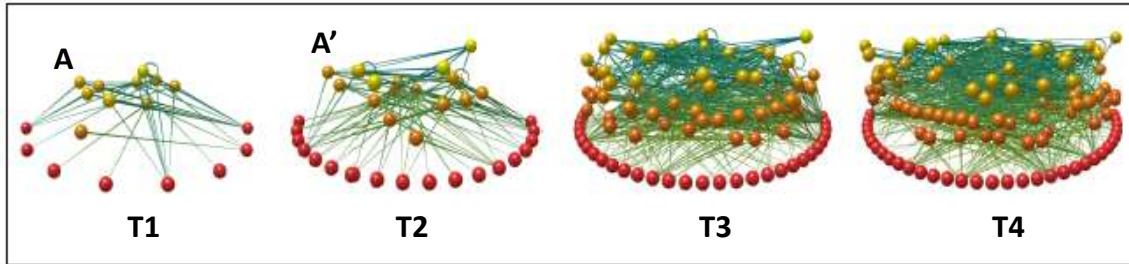
**MAS,**

Mesmo que os agentes tenham respostas aleatórias, o comportamento do sistema como um todo pode ser observado e sua probabilidade pode ser mensurada.





# Abrangência do RenovaBio



**INTELIGÊNCIA  
COLETIVA  
(COMPORTAMENTO)**

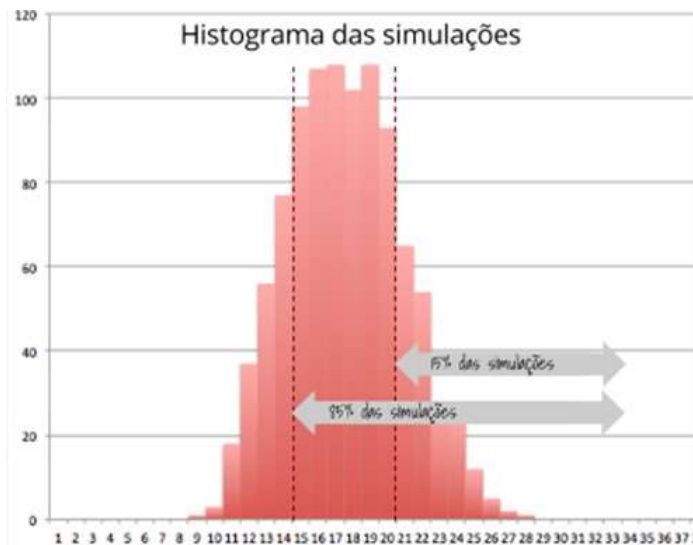
- 1) Constatamos a existência de relações entre os agentes
- 2) Percebemos que emerge um comportamento sistêmico
- 3) A inclusão ou exclusão de um elemento não necessariamente destrói o sistema porque ele é capaz de se adaptar continuamente

# Qual a abordagem adequada?



**Sistema determinístico com escolhas pré-definidas?**

**OU**



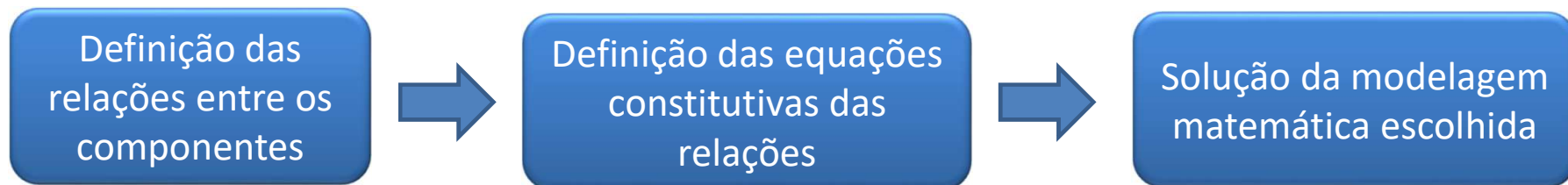
**Sistema probabilístico que simule resultados das relações entre os agentes?**

# Modelagem em Sistemas Dinâmicos

Sistema: conjunto de componentes (agentes) que se interconectam por meio de relações de causa e efeito.

Sistema Dinâmico:

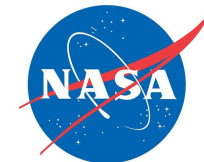
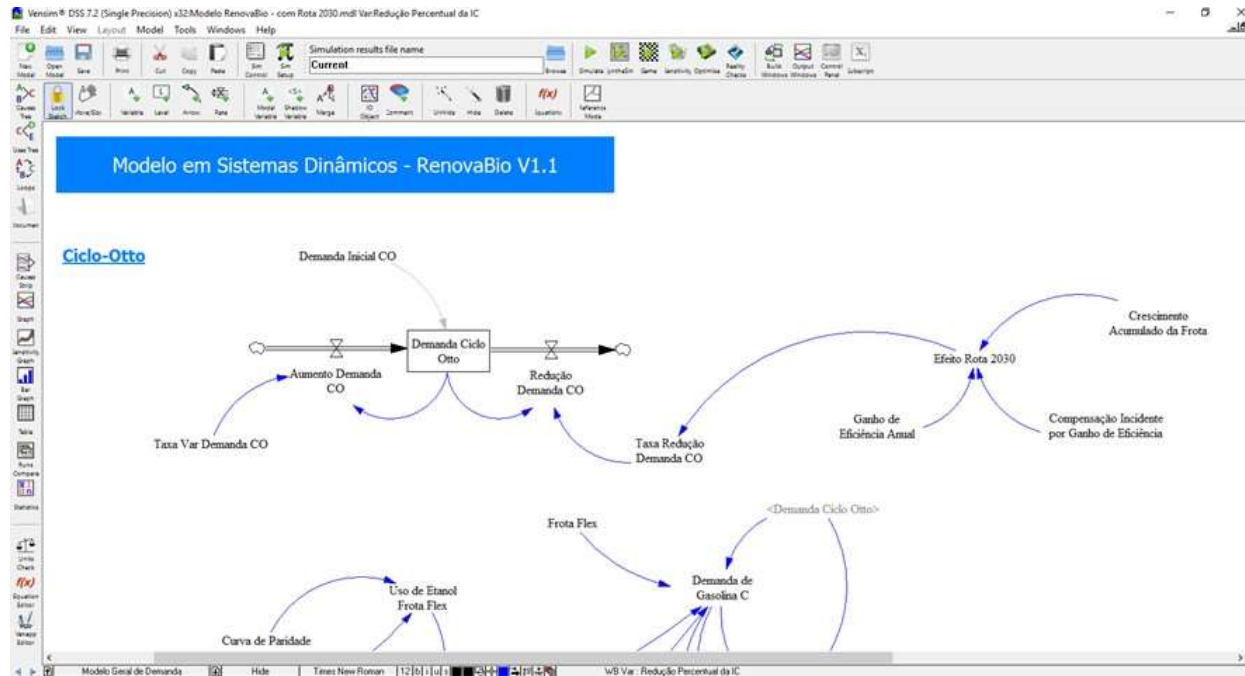
- As propriedades descritivas do sistema variam no tempo e na inter-relação entre as variáveis.
- **Sistemas econômicos são tipicamente caracterizáveis como Sistemas Dinâmicos**
- A análise dinâmica é feita em etapas:



# Software escolhido



Quem utiliza o Vensim hoje:



# Características do Vensim

---

<http://www.ventanasystems.com/>

- Construído com base em plataformas livres.
- Custo menor em relação aos concorrentes (PowerSim, Stella Professional, entre outros)
- Construção gráfica e textual da modelagem.
- Módulo de Análise de Sensibilidade (Monte Carlo).
- Módulo Avançado de detecção de erros.
- Disponível em modulo gratuito para uso acadêmico ou para **leitura** de modelos construídos:

• <https://vensim.com/vensim-model-reader/>

# Algoritmo RK4

Vensim

Plataforma: Windows

Módulo de Otimização de Políticas Públicas

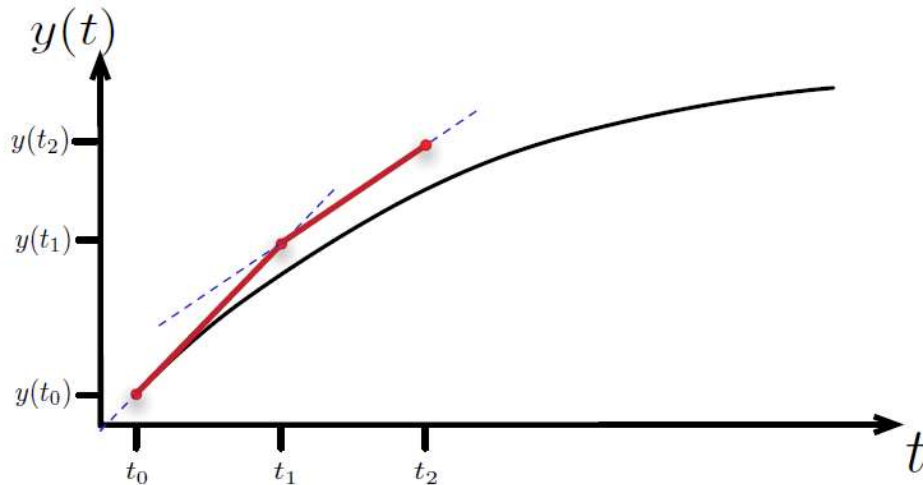
## Parâmetros de setup do modelo:

T0 = 2018

T11 = 2028

Unidade = 1 ano

Método de Integração Escolhido = RK4



Para  $\frac{dy}{dx} = f(x, y), y(0) = y_0$

Runge Kutta de 4ª ordem é calculado por:

$$y_{i+1} = y_i + \frac{1}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4)h$$

Onde:

$$k_1 = f(x_i, y_i)$$

$$k_2 = f\left(x_i + \frac{1}{2}h, y_i + \frac{1}{2}k_1h\right)$$

$$k_3 = f\left(x_i + \frac{1}{2}h, y_i + \frac{1}{2}k_2h\right)$$

$$k_4 = f(x_i + h, y_i + k_3h)$$

# Modelagem do Mercado de Combustíveis

$x$  = mercado de combustíveis fósseis

$y$  = mercado de biocombustíveis

$t$  = tempo

$$\text{se } \begin{cases} y = 0 \\ \frac{dx}{dt} = \alpha x, \alpha > 0 \end{cases}$$

$$\text{se } \begin{cases} x = 0 \\ \frac{dy}{dt} = -\rho y, \rho > 0 \end{cases}$$

Considerando que **A**, **B**, **C** e **D** são componentes do mercado:

-	<b>A</b>	<b>B</b>
<b>C</b>	AC	BC
<b>D</b>	AD	BD

Se mercado de combustíveis fósseis sofre redução  $\rightarrow -xy\beta$

Se mercado de biocombustíveis aumenta  $\rightarrow xy\delta$

$\beta$  = tx de redução de fósseis e  $\delta$  = tx de aumento da oferta de bio

Considerando as hipóteses anteriores:

$$\frac{dx}{dt} = x(\alpha - \beta y)$$

e

$$\frac{dy}{dt} = y(\delta x - \rho)$$

$\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\rho$  e  $\delta$  são coeficientes que representam a interação dos mercados.

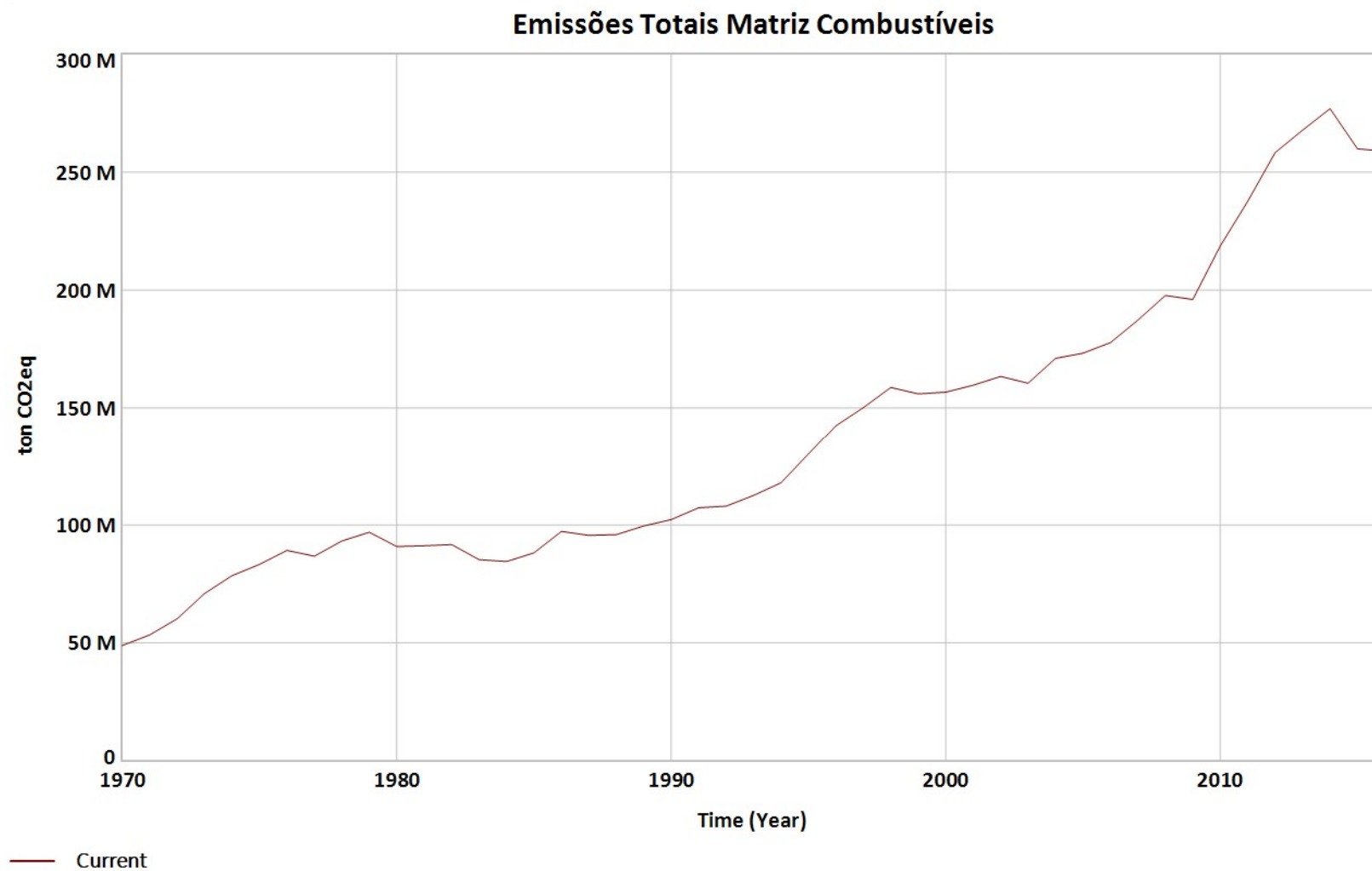
na relação entre os dois mercados:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{y(\delta x - \rho)}{x(\alpha - \beta y)}$$

$$\int \left( \frac{\alpha - \beta y}{y} \right) dy \quad \int \left( \frac{\delta x - \rho}{x} \right) dx$$

Solução é:  $\alpha \ln(y) - \beta(y) + C = -\rho \ln(x) + \delta(x) + D$

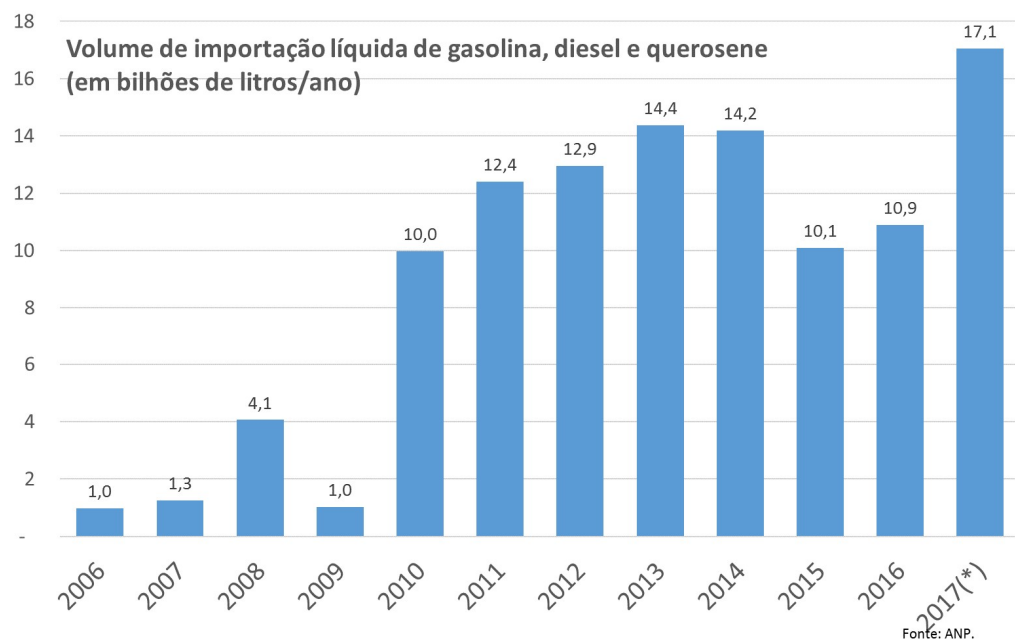
# Emissões de GEE



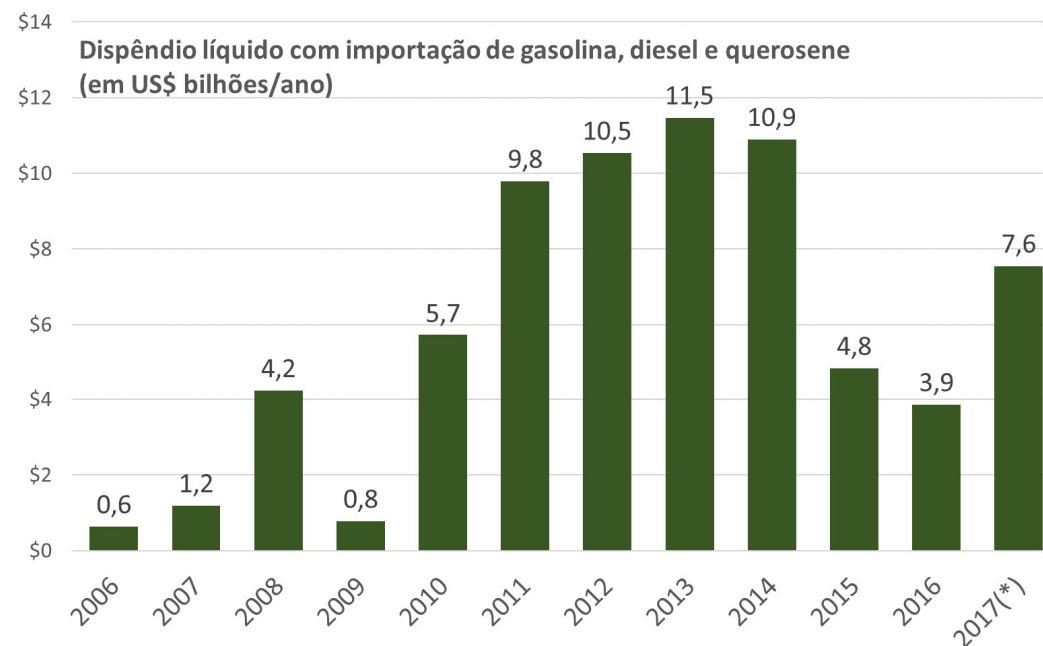
**Emissões crescentes**



# Abastecimento



**Importação de volumes crescentes e exposição a preços internacionais dos derivados**



**Déficit na Balança Comercial**

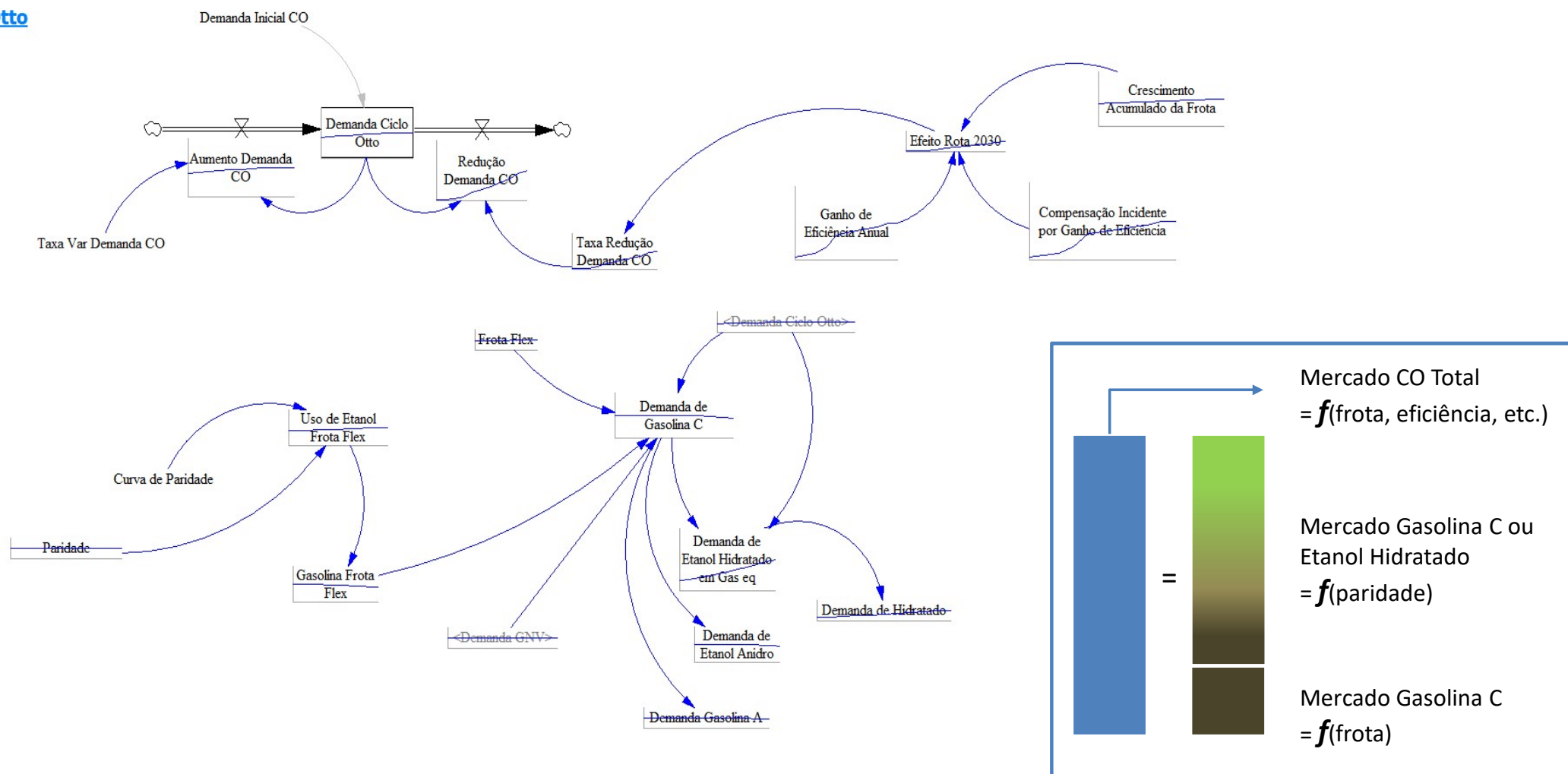
# Entradas do Modelo

---

- Aumento de consumo por ganho de eficiência nos veículos novos (Rota 2030)
- Capacidade de produção nacional dos combustíveis
- Eficiência ambiental [IC dos Combustíveis (Inicial)]
- Evolução da participação dos veículos flex na frota
- Ganho de eficiência dos veículos novos
- Margem de refino dos combustíveis fósseis
- Paridade de preços Biodiesel/Diesel
- Paridade de preços BioGás GNV
- Paridade de preços BioQAv/QAv
- Paridade de preços Etanol Hidratado/Gasolina C
- Participação de Biodiesel Autorizativo
- Percentual de mistura de Biodiesel
- Percentual de mistura de BioGás
- Percentual de mistura de BioQAv
- Percentual de mistura de Etanol
- Taxa de crescimento da Frota
- Taxa de ganho de eficiência ambiental para os combustíveis
- Taxa de variação da produção dos combustíveis
- Variação da Demanda Ciclo-Aviação
- Variação da Demanda Ciclo-Diesel
- Variação da Demanda Ciclo-Otto
- Variação da Demanda GNV

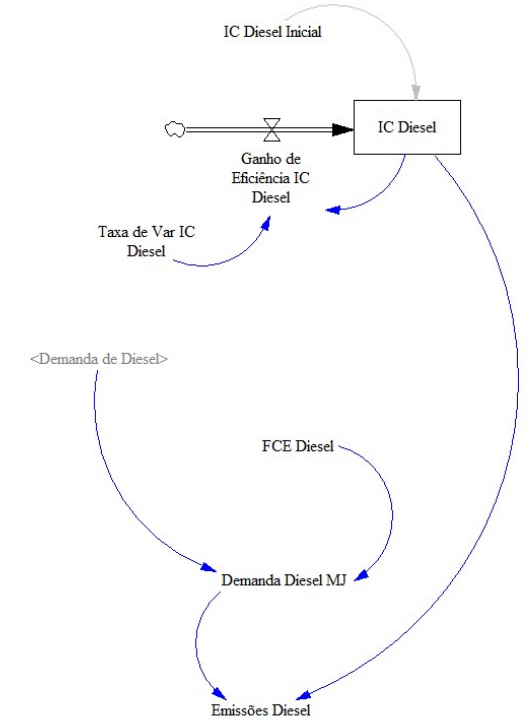
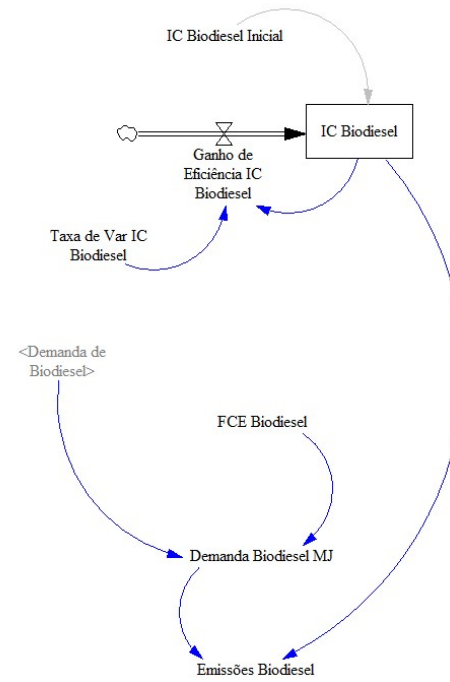
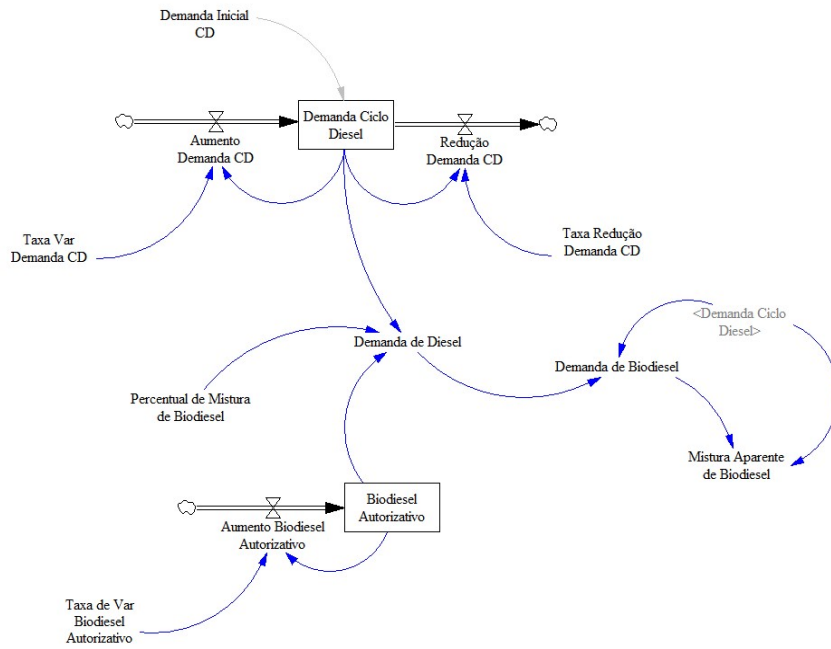
# Modelo RenovaBio V1.1

## Ciclo-Otto

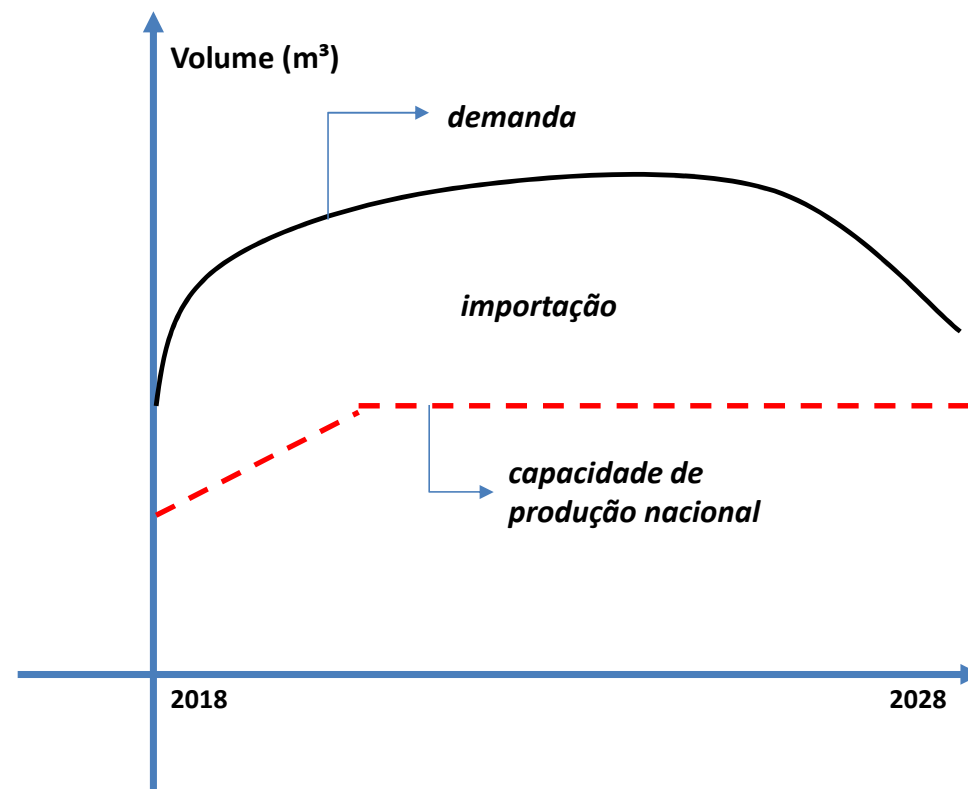
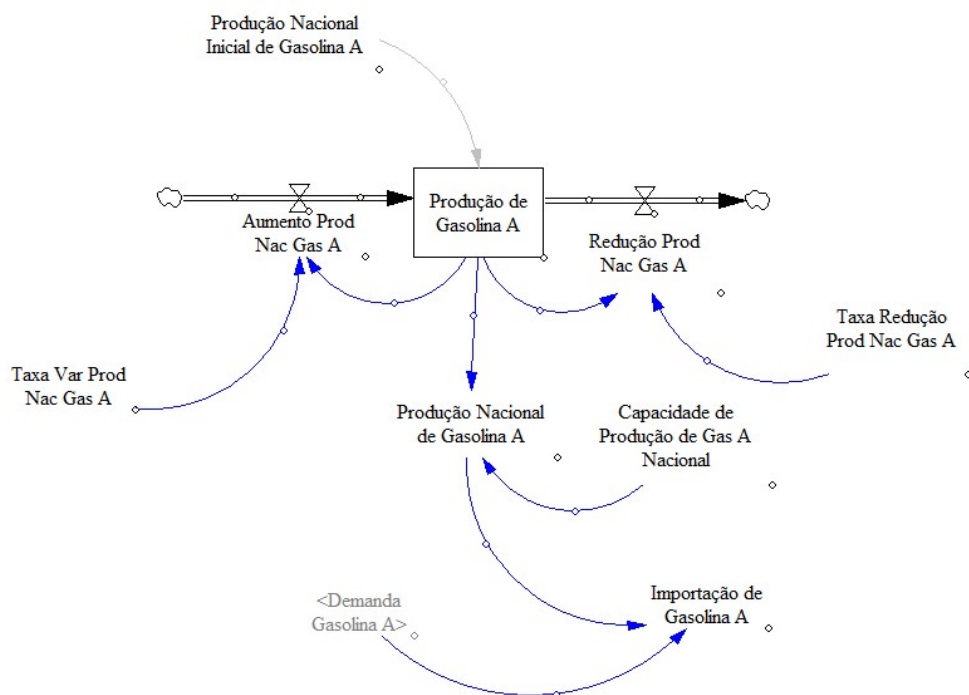


# Modelo RenovaBio V1.1

## Ciclo-Diesel

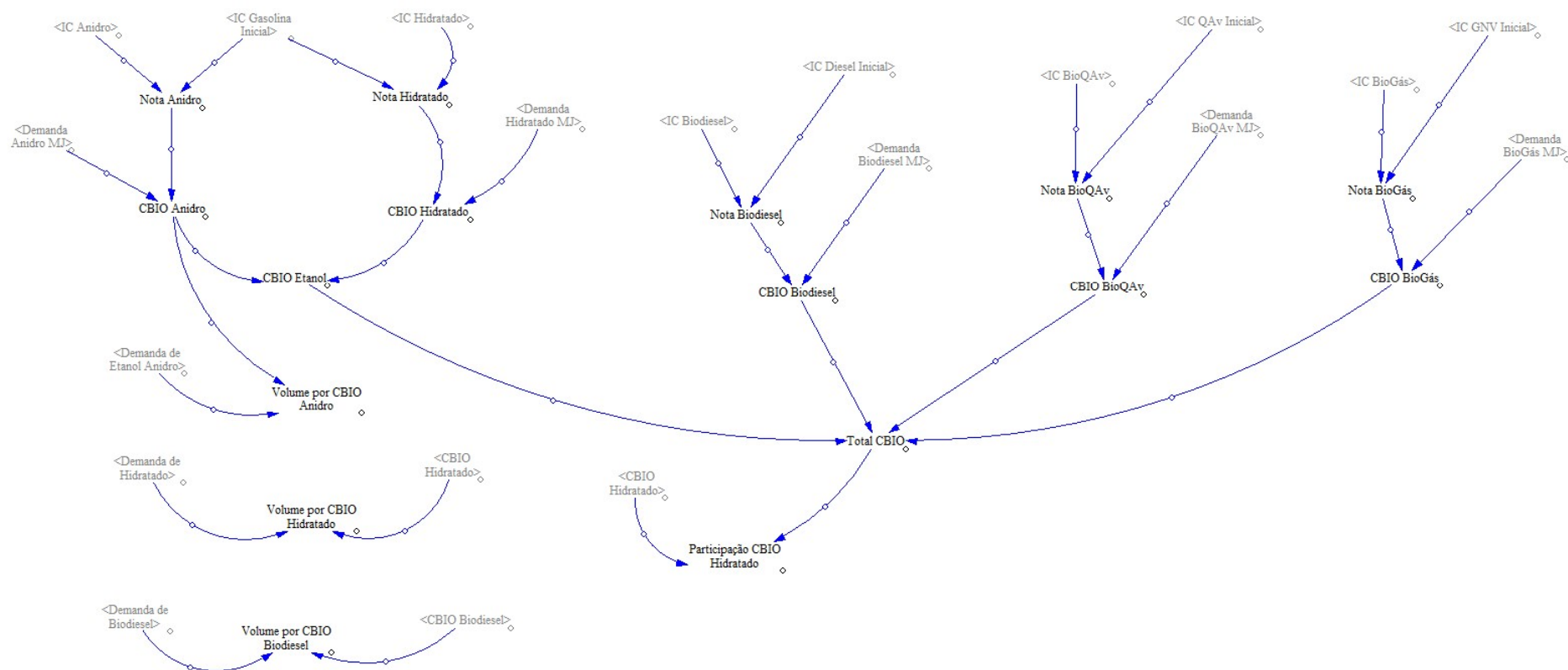


# Modelo RenovaBio V1.1



# Modelo RenovaBio V1.1

## CBIOs Gerados por Biocombustível

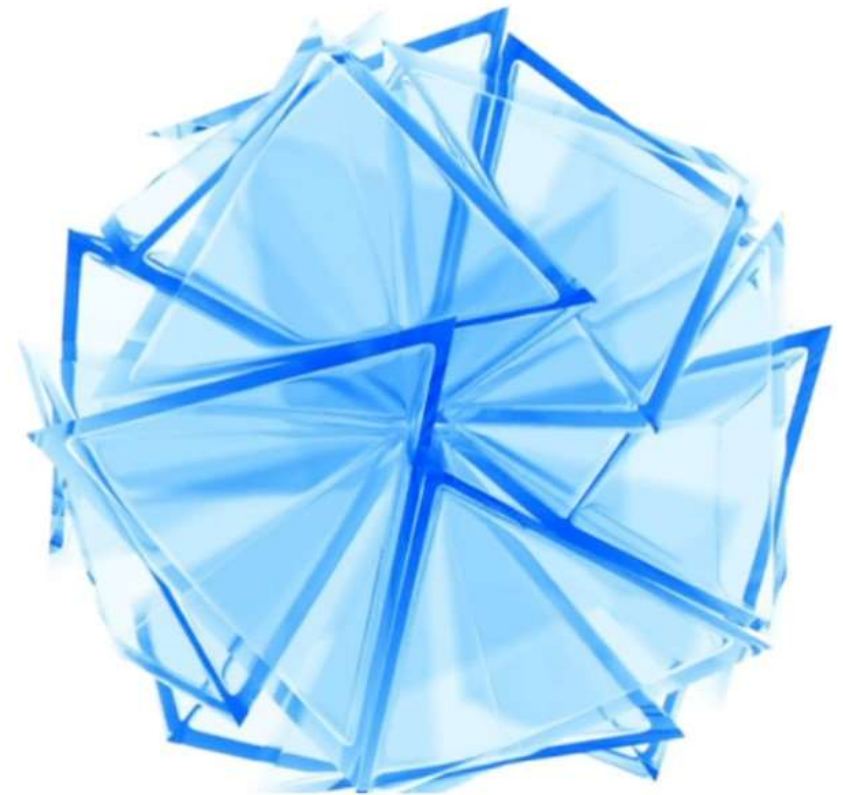
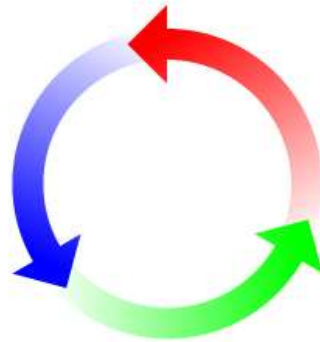
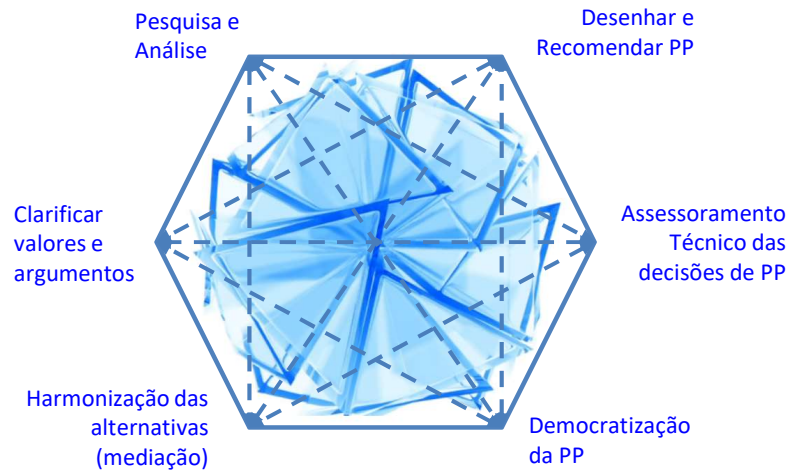


# Saídas do Modelo

---

- **Intensidade de Carbono da Matriz de Combustíveis**  
(Emissões por unidade de energia) [gCO<sub>2</sub>eq/MJ]
- **Emissões Totais da Matriz de Combustíveis** [ton CO<sub>2</sub>eq]
- **Demanda por combustível** [m<sup>3</sup>]
- **Importação de combustível** [m<sup>3</sup>]
- Oferta de CBIO
- Volume de CBIO por biocombustível
- **Preço da Cesta de Combustíveis**
- Participação relativa dos Combustíveis

# Inovação na Modelagem do RenovaBio





RenovaBio